

METODE PELAKSANAAN GSRW DI TANAH CLAYSHALE STUDI KASUS : PROYEK KAMPUS 2 POLMAN MAJALENGKA

Amanda Greta Theodora^{1*} dan Ali Iskandar¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta

*amanda.3252100542@stu.untar.ac.id

Masuk: 07-10-2024, revisi: 10-02-2025, diterima untuk diterbitkan: 10-04-2025

ABSTRACT

In the construction of retaining walls, the method of field implementation is crucial, especially on soils with poor characteristics, such as clayshale. Clayshale soil is known as a type of soil with unstable geotechnical properties, due to its expansive nature and tendency to crumble when saturated with water. The Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW) is one solution that offers flexibility in construction. It is a retaining wall made of modular materials arranged segmentally and reinforced with geosynthetics, which increases soil stability in landslide-prone areas. This study explains the stages of the GSRW project on clayshale soil, starting from the planning phase, preparation, to special handling on-site. The case discussed is the GSRW project at Polman Majalengka Campus 2, where clayshale soil conditions were the main concern. The methods used in the development of this journal include field observations and interviews with parties involved in the project. The research results show that the installation of GSRW on clayshale soil affects many technical aspects. Therefore, the implementation method must be adjusted to field conditions to ensure optimal results.

Keywords: GSRW; clayshale; retaining wall construction

ABSTRAK

Dalam konstruksi dinding penahan tanah metode pelaksanaan pengerjaan di lapangan sangat penting, terutama pada tanah yang memiliki karakteristik buruk seperti *clayshale*. tanah *clayshale* dikenal sebagai jenis tanah dengan sifat geoteknik yang kurang stabil, disebabkan oleh karakteristiknya yang ekspansif dan mudah hancur ketika jenuh air. *Geoforce segmental retaining wall* (GSRW) merupakan salah satu solusi yang menawarkan fleksibilitas dalam konstruksi. Sebuah dinding penahan dengan material modular yang disusun secara segmental dan menggunakan bahan geosintetik sebagai penguat, sehingga meningkatkan kestabilan tanah di area yang rentan longsor. Studi ini menjelaskan tahapan-tahapan pengerjaan proyek GSRW pada tanah *clayshale* mulai dari tahap perencanaan, persiapan hingga penanganan khusus di lapangan. Kasus yang dibahas adalah proyek GSRW Kampus 2 Polman Majalengka, dimana kondisi tanah *clayshale* menjadi perhatian utama. Metode yang digunakan dalam pembuatan jurnal ini meliputi pengamatan pada lapangan dan wawancara pada pihak yang terlibat dalam proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan GSRW diatas tanah *clayshale* mempengaruhi banyak aspek teknis. Oleh karena itu, metode pelaksanaannya harus disesuaikan dengan kondisi lapangan untuk memastikan hasil yang optimal.

Kata kunci: GSRW, lempung serpih, konstruksi dinding penahan tanah

1. PENDAHULUAN

Bersamaan dengan kemajuan zaman dalam bidang konstruksi, rekayasa perkuatan tanah juga mengalami inovasi. Salah satu dari inovasi rekayasa perkuatan tanah yaitu *Geoforce Segmental Retaining Wall* (GSRW). Dilansir dari geoforce-indonesia.com, GSRW merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang terdiri atas pematatan lapisan tanah timbunan pilihan dan sabuk perkuatan bernama GI-Strip untuk memperkuat. Sabuk perkuatan GI-Strip dibuat dari benang polyester berkekuatan tinggi (*High Tenacity Polyester Yarn*) yang dirancang khusus untuk menghasilkan sabuk perkuatan dengan daya tarik dan koefisien gesekan yang tinggi. Faktor ini yang membuat struktur GRSW (*Geosynthetic Reinforced Soil Wall*) menjadi kuat dan stabil (Pratama, 2023). Memiliki *facing* yang terbuat dari beton *precast* dengan akurasi tinggi dan memiliki sisi estetika yang dapat menambah aspek keindahan dari sistem segmental yang dibangun. Dengan harga yang kompetitif jika dibandingkan dengan produk segmental sejenis dan kemudahan pengaplikasian pemasangan di lapangan, menjadi keunggulan GSRW.

Dalam Proses Pelaksanaan pengerjaan di lapangan Jenis dan kondisi tanah merupakan parameter besar. Beberapa kasus kerusakan infrastruktur bangunan akibat keruntuhan lereng di Indonesia berasal dari kelemahan struktur tanah *clay shale*. Tanah *clayshale* merupakan salah satu material geologi yang paling kompleks dan bermasalah

(Ariesnawan, 2015). Tanah *clayshale* memiliki keunikan dalam sifat mekanisnya. Dimana pada saat dalam keadaan kering ia akan mengeras dan menyusut, tetapi akan mengembang sampai batas tertentu serta kehilangan Gaya gesernya pada saat terkena air (Susanto & Sanjaya, 2023). Sifat kembang-susut sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, sehingga dapat mengubah *clayshale* dari batuan menjadi tanah. (M.Nickmann, 2010). Perubahan signifikan yang terjadi akibat proses pelapukan terutama terjadi pada sifat fisik clay shale. Perubahan ini diamati melalui siklus pengeringan serta pembasahan-pengeringan, yang berdampak pada perubahan distribusi ukuran butiran. Pengamatan distribusi ukuran butiran dilakukan agar pelapukan dapat diukur secara kuantitatif melalui uji laboratorium terkait distribusi tersebut (Alatas, 2020).

Tanah timbunan adalah material yang digunakan untuk pekerjaan pengurugan atau pengisian lahan. Material timbunan harus memenuhi persyaratan tertentu terkait dengan sifat fisik dan mekanik, seperti kepadatan, kekuatan, serta kemampuan drainase yang baik, untuk menjamin stabilitas struktur yang dibangun di atasnya. Material yang digunakan sebagai tanah timbunan juga harus stabil dan tidak mudah berubah sifat ketika terkena air. Aplikasi tanah timbunan menurut Yosieguspa & Humaeroh (2020), pada pelaksanaan pekerjaan penimbunan tanah proyek pembangunan lapangan jakabaring *sport city* Palembang:

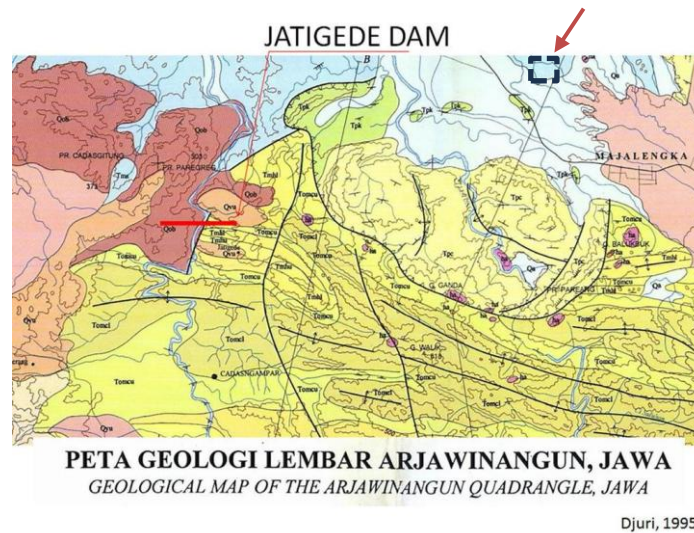
- Timbunan tanah Kembali dari galian
Pekerjaan timbunan tanah kembali dari hasil galian mencakup kegiatan penimbunan tanah untuk berbagai keperluan, seperti tanggul atau di belakang bangunan. Proses ini menggunakan material timbunan dari hasil galian yang memenuhi spesifikasi teknis dan dapat dipertanggungjawabkan. Penimbunan dilakukan secara bertahap dengan ketebalan yang sesuai dengan spesifikasi alat yang digunakan. Jika tidak ada arahan lain dari Direksi, penyedia jasa diwajibkan menggunakan tanah hasil galian sebagai isian. Apabila material tanah hasil galian tidak cukup, kontraktor boleh menggunakan tanah dari luar (*borrow area*) dengan persetujuan Direksi.
- Timbunan tanah dengan material (*borrow area*)
Pekerjaan ini menggunakan material timbunan dari borrow area, yaitu lokasi tertentu yang memiliki jenis dan kualitas tanah yang telah ditetapkan. Timbunan ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti tanggul atau area di belakang bangunan. Penyedia jasa harus mengeluarkan biaya untuk pengadaan material dari lokasi borrow ini.
- Timbunan lolos air
Timbunan ini harus disusun mengikuti garis, tinggi, dan ukuran yang telah ditentukan, dengan material yang dipersiapkan secara hati-hati untuk menghindari segregasi. Timbunan lolos air disusun secara bertahap dengan ketebalan lapisan maksimal 50 cm sebelum dipadatkan. Pematatan dilakukan menggunakan alat pemadat dengan kapasitas minimal 10 ton atau sesuai dengan tingkat kepadatan yang telah disetujui oleh Direksi. Material filter harus terdiri dari bahan yang awet, berpasir, dan berkerikil dengan ukuran partikel kurang dari 8 cm. Material ini tidak boleh mengandung partikel yang lolos saringan nomor 4 lebih dari 50%, dan partikel yang lolos saringan nomor 200 tidak boleh melebihi 10%.

Material timbunan harus memenuhi persyaratan tertentu terkait dengan sifat fisik dan mekanik, seperti kepadatan, kekuatan, serta kemampuan drainase yang baik, untuk menjamin stabilitas struktur yang dibangun di atasnya. Material yang digunakan sebagai tanah timbunan juga harus stabil dan tidak mudah berubah sifat ketika terkena air. Secara umum tanah timbunan harus memenuhi kriteria tertentu, serta bebas dari bahan organik dan tanah dengan sifat buruk (seperti *clayshale*).

Jenis tanah *clayshale* (lempung serpih) memiliki sifat yang kurang stabil dan tidak cocok untuk digunakan sebagai material timbunan. Di Indonesia, beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI) mengatur penggunaan material tanah untuk konstruksi, termasuk ketidakefektifan penggunaan *clayshale* sebagai bahan timbunan. SNI yang dapat menjadi menjadi acuan dalam hal ini adalah:

1. SNI 8460:2017 tentang Spesifikasi Timbunan untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan
SNI ini mengatur persyaratan material timbunan untuk konstruksi jalan dan jembatan. Dalam dokumen ini, tanah yang bersifat mengembang atau tidak stabil, termasuk *clayshale*, biasanya dilarang sebagai timbunan karena sifatnya yang mudah berubah volumenya Ketika terkena air (sifat ekspansif)
2. SNI 1741:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Timbunan Jalan pada Daerah Rawa
Sebagaimana persyaratan material timbunan untuk konstruksi jalan dan jembatan diatur dalam SNI 8460:2017, begitupun dalam SNI ini mengatur jenis-jenis tanah yang boleh digunakan untuk timbunan di daerah rawa. Tanah dengan karakteristik buruk seperti *clayshale* yang memiliki potensi kembang susut tinggi, mudah retak, dan kehilangan kekuatan saat jenuh air tidak boleh digunakan sebagai tanah timbunan.
3. SNI 03-03438-1994 tentang Tata Cara Penggalian untuk pekerjaan tanah pada Bangunan Gedung
Pada dokumen ini meskipun lebih berfokus pada pekerjaan tanah untuk bangunan Gedung, tetap menekankan pentingnya pemilihan tanah yang stabil untuk pekerjaan timbunan dan penggalian, jenis tanah yang memiliki sifat-sifat tidak stabil seperti *clayshale* sebaiknya dihindari.

Pada Gambar 1 terlampir adalah peta geologi lembar Arjawinangun, Jawa. Lembar Arjawinangun adalah peta dengan nomor lembar 1309:1 yang mencakup wilayah Kabupaten Majalengka serta sebagian wilayah Kabupaten Kuningan di bagian tenggara peta tersebut. Peta geologi lembar Arjawinangun menunjukkan beragam jenis dan formasi batuan yang terbentuk pada zaman Kuarter dan Tersier, dengan usia dari berbagai kala. Batuan Tersier berumur lebih dari 2 juta tahun yang lalu sehingga tidak menunjukkan potensi sesar aktif. Namun, batuan Kuarter memiliki rentang usia antara 0 hingga 1,8 juta tahun, yang masih tergolong dalam kategori sesar berpotensi aktif. Oleh karena itu, dalam merencanakan konstruksi di atas tanah atau formasi batuan Kuarter, penting untuk memperhatikan usia batuan guna memastikan apakah potensi sesar masih aktif atau tidak, demi menjamin keamanan konstruksi atau infrastruktur (Fauzan, 2019).



Gambar 1. Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa barat

Seperti yang telah ditandai pada peta geologi diatas, lokasi proyek terletak pada formasi Tms (Fm. Semilir), yang secara geologi merupakan formasi batuan yang terbentuk pada periode Kuarter. Formasi ini terdiri dari lapisan-lapisan endapan aluvial, pasir, lanau, dan lempung yang umumnya dihasilkan dari proses pengendapan yang terjadi pada lingkungan dataran rendah dan lembah. Formasi Tms (Fm. Semilir) mengandung batuan sedimen yang relatif muda dan masih mengalami proses geomorfologi aktif, sehingga dapat berpotensi mengalami pergerakan tanah atau sesar aktif, terutama di daerah-daerah yang memiliki struktur tektonik aktif. Karena formasi ini termasuk dalam usia Kuarter, yang masih tergolong pada masa geologi yang lebih muda dan aktif, maka penting untuk memperhatikan karakteristik geoteknik dan risiko pergerakan tanah saat merencanakan pembangunan di wilayah tersebut. Potensi sesar aktif harus dipertimbangkan dalam evaluasi stabilitas tanah dan desain struktural agar dapat menjamin keamanan konstruksi atau infrastruktur yang dibangun di atas formasi ini.

Penggunaan geotextile berupa GI-Strip diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada Pembangunan. Analisis dilakukan untuk mengetahui perkakuan GI-Strip menggunakan jenis tanah timbunan yang di gunakan (Nugraha, 2021). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode pengerjaan *Segmental Retaining Wall* di tanah *Clayshale* pada proyek kampus 2 Polman Majalengka. Dengan pengetahuan yang mendalam tentang metode pengerjaan dan penyelesaian permasalahan di lapangan ini, diharapkan dapat mendukung pengembangan infrastruktur pada masa mendatang khususnya dalam upaya *soil improvement*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa pendekatan, yaitu :

1. Metode Pengamatan
Penelitian dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses pengerjaan di proyek GSRW Kampus 2 Polman Majalengka. Pengamatan secara langsung ini bertujuan untuk mendapatkan data empiris mengenai aktivitas dan tahapan yang dilakukan dalam proyek, serta untuk memahami kondisi lapangan yang sebenarnya.
2. Metode Wawancara
Wawancara juga digunakan sebagai salah satu metode pengumpulan data. Wawancara dilakukan dengan memberikan sejumlah pertanyaan kepada pihak yang terlibat dalam proyek. Tujuannya adalah untuk

mendapatkan informasi yang lebih mendalam terkait dengan proses pengerjaan, tantangan yang dihadapi, serta penyelesaiannya.

3. Studi Literatur

Dengan tujuan untuk memperkuat dan memperluas pemahaman, pencarian referensi melalui internet, jurnal, buku, dan sumber-sumber literatur lainnya juga dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Layout pemasangan dinding penahan tanah

Pada proyek Pembangunan kampus 2 Polman Majalengka akan dibangun dinding penahan tanah dengan tinggi mencapai 10 meter. Dinding penahan tanah ini akan dibangun disamping Gedung B kampus 2. Rencana perkuatan dinding penahan tanah akan menggunakan *Geoforce Segmental Retaining wall*. Layout rencana pengerjaan proyek GSRW dapat dilihat pada Gambar 3.



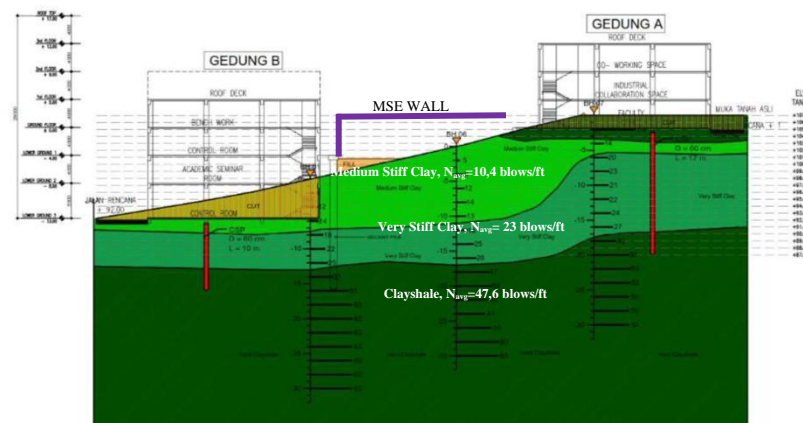
Gambar 2. GSRW Kampus 2 Polman Majalengka

Desain GSRW

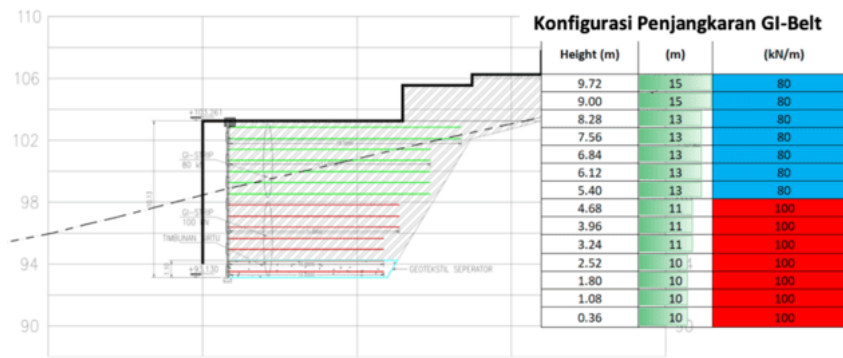
Dalam pendesainan GSRW data yang tersedia berupa *BorHole* dan data tanah laboratorium. Dari data *BorHole* yang di dapat, menunjukkan adanya tanah *clayshale* di bagian bawah struktur rencana GSRW. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan hasil borehole dan gambar Design 1 GSRW yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Cross Section
Soil Profile

BH-01
BH-06
BH-07



Gambar 3. *BorHole*



Gambar 4. Design 1 GSRW

Metode pelaksanaan GSRW

Metode pelaksanaan pengerjaan GSRW di bagi menjadi 2 tahap, yaitu;

- Tahap Pabrikasi

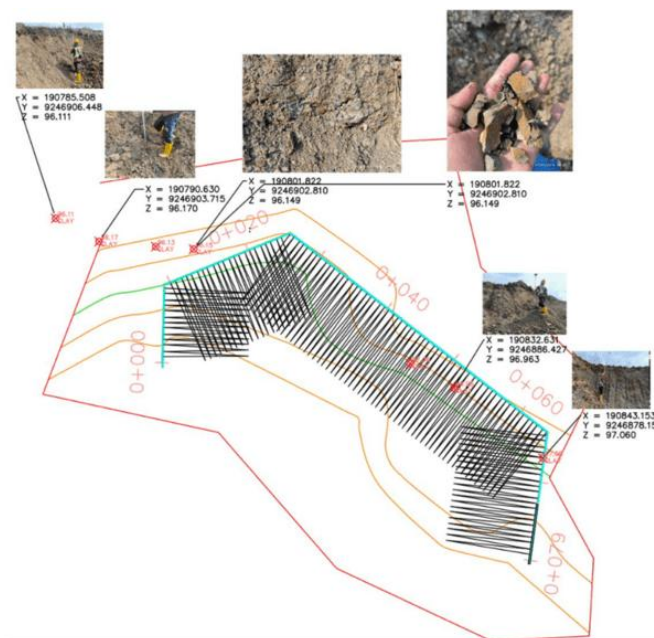
Sebelum memulai pemasangan hal yang dilakukan pertama kali adalah pabrikasi. Pabrikasi ini mencakup beberapa hal seperti pengecoran panel, perakitan tulangan panel maupun leveling pad, dan lain lain (Nurjanah, 2017). Lokasi pabrikasi dilakukan di dekat area pekerjaan GSRW.

- Tahap Pelaksanaan.

Tahap pelaksanaan pengerjaan Geoforce Segmental Retaining Wall meliputi:

1. Persiapan lahan dan galian

Saat melakukan tahapan persiapan lahan dan galian di lapangan di temukan bahwa struktur profil tanah di lapangan berbeda dengan hasil pengujian laboratorium dimana ditemukan tanah *clayshale* pada permukaan. Kondisi lapangan dan penemuan *clayshale* di lapangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Layout penemuan tanah *clayshale* di permukaan

sehingga diusulkan pengujian tambahan di lapangan berupa uji sondir yang bertujuan untuk memastikan tanah dasar dibawah *levelling pad* sudah memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban GSRW di atasnya. Setelah dilakukan pengujian sondir dilakukan perubahan desain, yang meliputi:

- Pekerjaan Timbunan
Pekerjaan penimbunan tanah eksisting digantikan dengan sirtu (pasir dan batu) dengan kedalaman 1 meter yang bertujuan untuk menaikkan daya dukung tanah dengan catatan pekerjaan penimbunan sirtu dilakukan dengan cepat setelah penggalian tanah, hal ini harus dilakukan untuk menghindari risiko-risiko yang di sebabkan oleh tanah *clayshale* yang terexpose atau terganggu.
- Penjangkaran
Penjangkaran *GI-Strip* paling bawah pada desain 1 sepanjang 10 meter realitanya tidak cukup di lapangan maka dilakukan perubahan panjang penjangkaran menjadi 9 meter. Hal ini disebabkan oleh kondisi lereng *clayshale* yang tidak dapat digali karena tidak stabil serta teridentifikasi retakan - retakan pada tanah lereng bagian atas yang mana dikhawatirkan dapat mengakibatkan *sliding* (geser). Sehingga dilakukan perubahan Panjang penjangkaran. Kondisi lereng pada lapangan dapat dilihat pada Gambar 7.

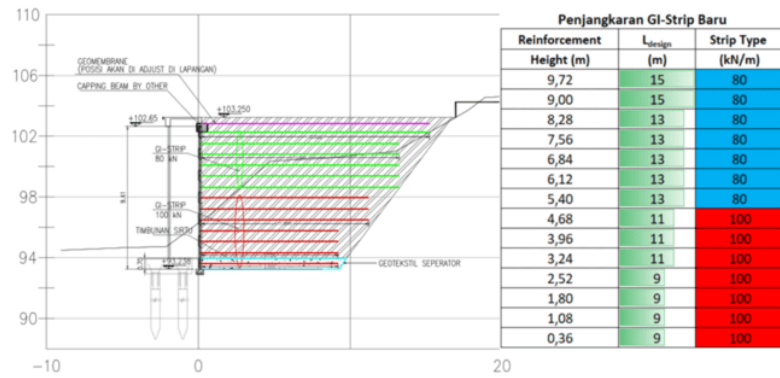


Gambar 6.Kondisi Lereng

- Pemasangan Geotekstil
Untuk mencegah tanah *clayshale* tercampur dengan tanah timbunan baru maka dilakukan pemasangan geotekstil pada lereng yang berfungsi sebagai separasi. Selain itu digunakan juga geomembrane pada lapisan tanah paling atas yang berfungsi untuk mencegah air masuk kedalam tanah timbunan. Pemasangan geotekstil pada lereng dapat dilihat pada Gambar 8. Perubahan design GSRW dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7.Geotekstil



Gambar 8. Design 2 GSRW

2. Pemasangan Leveling Pad

Pemasangan *leveling pad* menggunakan beton yang telah dicetak pada tahap pabrikasi. *leveling pad* berfungsi untuk meratakan permukaan dimana panel akan dipasang, sehingga ketinggian panel berada pada level yang sama atau seragam. *Leveling pad* pada proyek ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Leveling pad

3. Pemasangan Panel baris pertama

Panel (*facing* beton) di pasang secara bertahap, set panel pada baris pertama di letakan di atas *leveling pad*. Pengganjal kayu dan clamps digunakan untuk membantu perkuatan antara panel satu dan yang lainnya agar tidak bergeser atau bergerak. Pemasangan panel baris pertama dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10. Pemasangan set panel pertama

4. Penimbunan dan Pemadatan Tanah

Tanah yang digunakan sebagai timbunan harus terlebih dahulu melewati hasil pengujian laboratorium untuk terlebih dahulu dilakukan analisis stabilitas. Material tanah *clayshale* tidak boleh digunakan sebagai material timbunan ataupun campuran dengan tanah lain yang akan dijadikan timbunan. Dikerjakan sesuai dengan perubahan desain, dimana tanah timbunan pilihan pertama menggunakan sirtu (pasir dan batu) sedalam 1 meter disebarakan lalu dipadatkan. Kemudian di pasangkan geotekstil sebagai separator untuk memisahkan sirtu dengan tanah timbunan biasa. Pemasangan geotekstil pada timbunan dapat dilihat di Gambar 12.



Gambar 11. Pemasangan Geotekstil pada timbunan

Rencana material timbunan yang digunakan adalah dengan menggunakan tanah setempat. Tetapi tanah timbunan yang sudah di rencanakan realitanya tidak dapat digunakan karena warga setempat tidak mengizinkan, sehingga dicari tanah timbunan baru dan dilakukan kembali uji test laboratorium untuk tanah timbunan baru yang akan digunakan. Tanah timbunan pilihan yang baru kemudian di sebarakan dan dipadatkan.

5. Pemasangan *GI-Strip*

GI-Strip di pasangkan pada tanah timbunan yang telah di padatkan sesuai dengan kedalaman yang tertera dan ditarik sepanjang penjangkaran rencana pada Gambar 6. Pemasangan *GI-Strip* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Pemasangan *GI-Strip*

6. Mengulangi urutan pemasangan set panel, penimbunan dan pemadatan tanah, dan pemasangan *GI-Strip* sampai dengan lapisan paling atas sesuai dengan rencana. Pekerjaan harus dilakukan dengan cepat untuk meminimalisir tanah *clayshale* terganggu dan terjadinya geser. Set panel dapat dilihat pada Gambar 14. Tampak atas dari layer dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 13. Panel



Gambar 14. Top View layer

7. Memasang geomembran pada layer paling atas untuk mencegah masuknya air kedalam tanah timbunan.

4. KESIMPULAN

Pembangunan *Geoforce Segmental Retaining Wall* pada proyek kampus 2 Polman Majalengka dibangun diatas tanah problematik *clayshale* yang mana mengakibatkan dalam pelaksanaan pemasangannya memerlukan perlakuan khusus. Pada pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa pengaruh tanah *clayshale* pada Pembangunan GSRW di proyek ini cukup kompleks dan mempengaruhi beberapa hal dalam pelaksanaannya, yaitu;

1. Timbunan tanah pertama diganti menggunakan Sirtu (pasir dan batu) yang dimaksud untuk menaikan daya dukung tanah, karena tanah eksisting tidak dapat digunakan sebagai tanah timbunan.
2. Panjang penjangkaran *GI-Strip* diubah, karena tidak dapat dilakukan penggalian sesuai dengan rencana yang ada akibat tanah *clayshale* pada lereng yang sudah terganggu dan terjadi retakan - retakan pada bagian atas sehingga dikhawatikan akan terjadi *sliding* (geser).
3. Material tanah timbunan pilihan awal digantikan dengan tanah timbunan baru dikarenakan permasalahan perizinan dengan warga setempat.
4. Dilakukan pemasangan geotekstil untuk memisahkan material tanah pada lereng dan diatas timbunan sirtu. Serta dilakukan pemasangan geomembran pada lapisan paling atas untuk mencegah masuknya air pada tanah timbunan.
5. Pekerjaan pemasangan GSRW harus dilakukan dengan cepat dan tepat agar tanah *clayshale* tidak terekspos dan terpengaruh dengan cuaca (hujan dan matahari).

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, I. M. (2020). Perilaku Tanah Clay Shale Yang Telah Lapuk Distabilisasi Dengan Semen (Studi Kasus Tanah Clay Shale Cariu Jonggol, Jawa Barat).

- Ariesnawan, R. A. (2015). Karakteristik Mekanik Dan Dinamik Clay Shale Kabupaten Tuban Terhadap Perubahan Kadar Air.
- Badan Standarisasi Nasional. (1994). Tata Cara Penggalian untuk Pekerjaan Tanah pada Bangunan Gedung. (SNI 03-03438-1994).
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Tata Cara Perencanaan Timbunan Jalan pada Daerah Rawa. (SNI 1741:2008).
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. (SNI 8460:2017).
- Fauzan, R. F. (2019). Identifikasi Geologi Peta Geologi.
- Nickmann, M., Sailer, S., Ljubescic, J., & Thuro, K. (2010). Engineering geological investigations into the border between hard and weak rocks.
- Nugraha, H. F., Budiono, & Lukman, H. (2020). Analisis Perkuatan Friction Pada Metoda Pelaksanaan Geoforce Segmental Retaining Wall. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik, Universitas Pakuan.
- Nurjanah, D. A. (2017). Evaluasi Perencanaan Kapasitas Friction Tie Pada Geoforce Segmental Retaining Wall (gsrw) Proyek Pembangunan Flyover Dermoleng Ketanggungan Brebes.
- Pratama, A. H. (2023). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Geoforce Segmental Retaining Wall Pada Ruas Jalan Bypass Bandara Internasional Zainuddin Abdul Madjid (Bizam) – Mandalika.
- Susanto, A. B., & Sanjaya, C. (2023). Analisis Timbunan Dari Lapukan Clayshale.
- Yosieguspa, & Humaeroh, W. (2020). Tinjauan Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pada Proyek Pembangunan Parkir Jakabaring Sport City Palembang.